

Bioconversión de la materia orgánica del POME: eficiencia de sistemas anaeróbicos en la depuración de las aguas residuales y la producción de energía renovable

Diana C. Chaparro-Triana^{1,2,3}, Nidia E. Ramírez-Contreras¹, Iván O. Cabeza-Rojas², Alejandro Acosta-González³, Jesús A. García-Núñez¹

¹Procesamiento y Valor Agregado, dchaparrot@cenipalma.org Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma. ²Grupo de Investigación en Energía, Materiales y Ambiente, Universidad de la Sabana. ³Grupo de Investigación Bioprospección, Universidad de la Sabana. Autor para correspondencia: jgarcia@cenipalma.org

Introducción

La industria de la palma de aceite en Colombia representa una de las principales actividades agroindustriales del país, con un impacto económico, social y ambiental. Durante la extracción de aceite de palma crudo se generan de aguas residuales conocidas como POME (Palm Oil Mill Effluent), caracterizadas por su alta carga orgánica (García *et al.*, 2016). Esta fuente de contaminación se debe minimizar en los procesos de digestión anaerobia del tratamiento, como son las lagunas anaerobias o los biodigestores, donde su adecuada degradación mejora la calidad del agua, permite la producción de biogás y contribuye a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Ramírez *et al.*, 2020). Este aprovechamiento se enmarca en la economía circular y fortalece la sostenibilidad del sector palmicultor, promoviendo la generación de energía renovable y la mitigación del cambio climático. Sin embargo, en Colombia no se había realizado una evaluación sistemática de la fase anaeróbica que identifique la capacidad de remoción para establecer una base sólida que permita el desarrollo de estudios posteriores, como lo es la caracterización microbiológica de los inóculos. Es de destacar que esta fase se complementa posteriormente con lagunas facultativas y de pulimento antes del vertimiento final.

Este estudio tuvo como objetivo caracterizar la concentración y el comportamiento de la materia orgánica y sólidos en el POME de 26 plantas de beneficio en Colombia, para determinar la eficiencia de las lagunas anaerobias y biodigestores en la reducción de la carga orgánica, y el aprovechamiento energético del efluente a escala nacional.

Metodología

Cobertura del estudio

Se evaluaron 26 plantas de beneficio (PB), ubicadas en las 4 zonas palmeras de Colombia, que representan aproximadamente el 50,3 % de la producción nacional de aceite de palma.

Muestreo

Se tomaron muestras compuestas de efluente de planta de beneficio y de los biodigestores/lagunas anaerobias de tratamiento de aguas residuales por un período de 8 horas, según se detalla en la Figura 1.

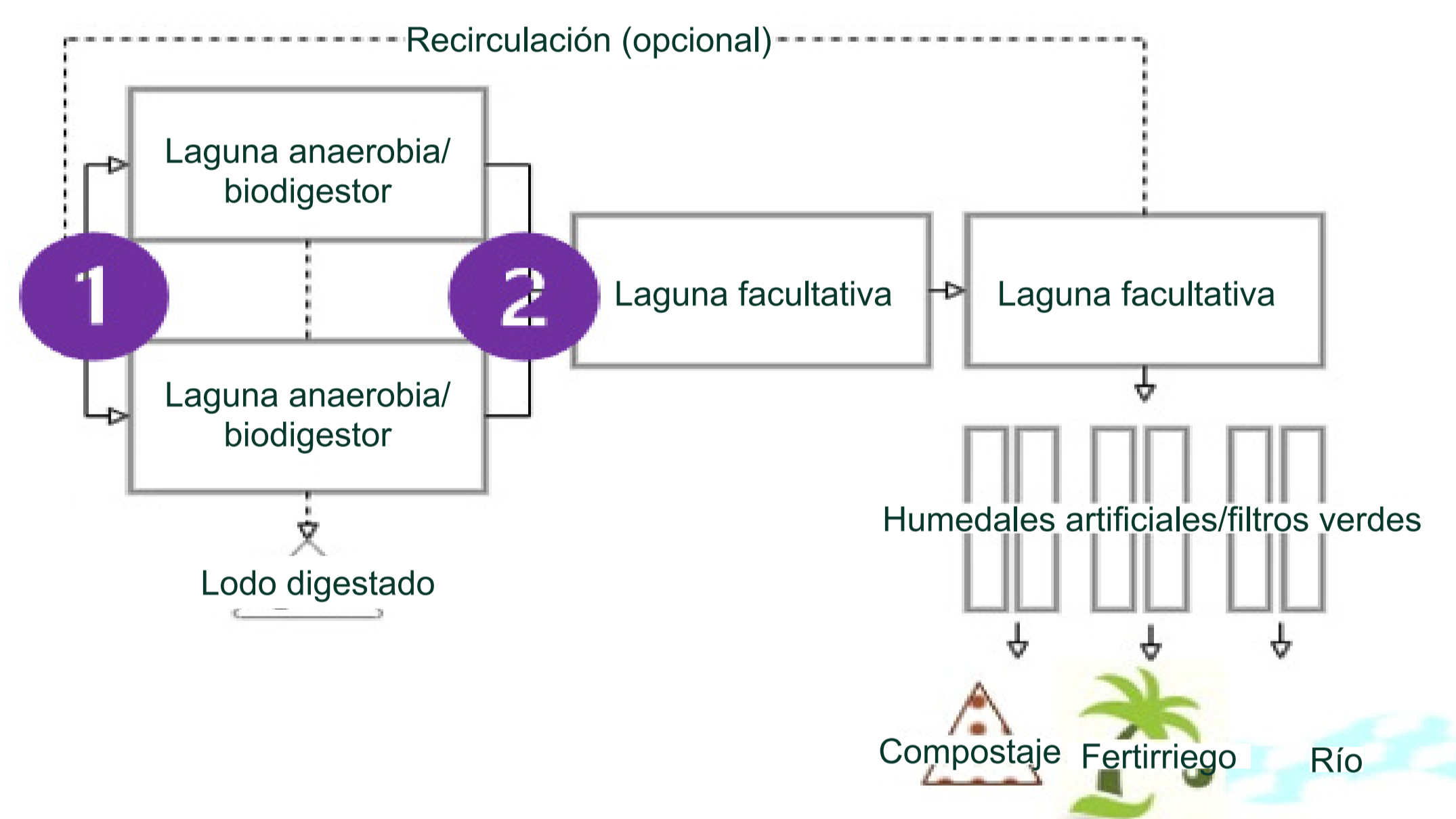


Figura 1. Puntos de muestreo dentro del sistema de tratamiento de POME en las PB.

Métodos de determinación de parámetros fisicoquímicos

Se empleó la 24ª edición (2023) del *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

DQO (demanda química de oxígeno): Reflujo cerrado, método titrimétrico, SM 5220 C

DBO₅ (demanda bioquímica de oxígeno): 5-Day BOD Test, SM 5210 B/ASTM D888-18 C

SST (sólidos suspendidos totales): Secado a 104°C gravimétrico, SM 2540 D

Análisis de datos:

Se evaluaron las concentraciones de materia orgánica en las diferentes zonas, lo que permitió identificar tendencias y rangos de comportamiento del efluente al ingreso y a la salida de los sistemas anaeróbicos, para establecer rangos de comportamiento. Estos resultados evidencian la eficiencia de la remoción dentro de los sistemas anaeróbicos de las variables como la DQO, DBO₅ y los SST, y aportan criterios clave para mejorar la depuración del agua y el aprovechamiento energético del POME.

Resultados

Se calcula una remoción promedio superior al 82 % de la DQO presente en el POME en la fase anaeróbica (Figura 2), lo que confirma la eficiencia de los sistemas anaeróbicos. Se resalta que algunas plantas de beneficio logran remover más del 95 % de DQO en esta etapa, debido a buenas prácticas o a la composición de las comunidades microbianas que conforman el inóculo. Esta remoción se complementa en las etapas posteriores del sistema de tratamiento de aguas residuales.

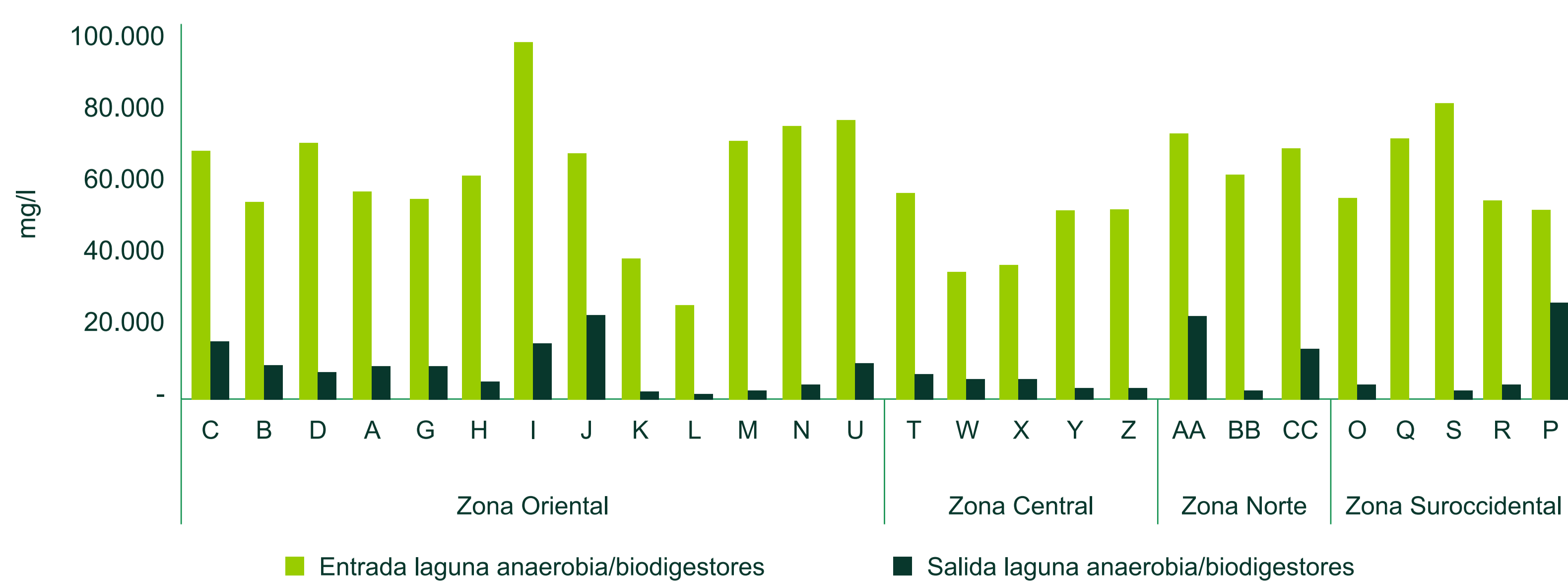


Figura 2. Concentración DQO, Entradas y Salidas de los Sistemas anaeróbicos.

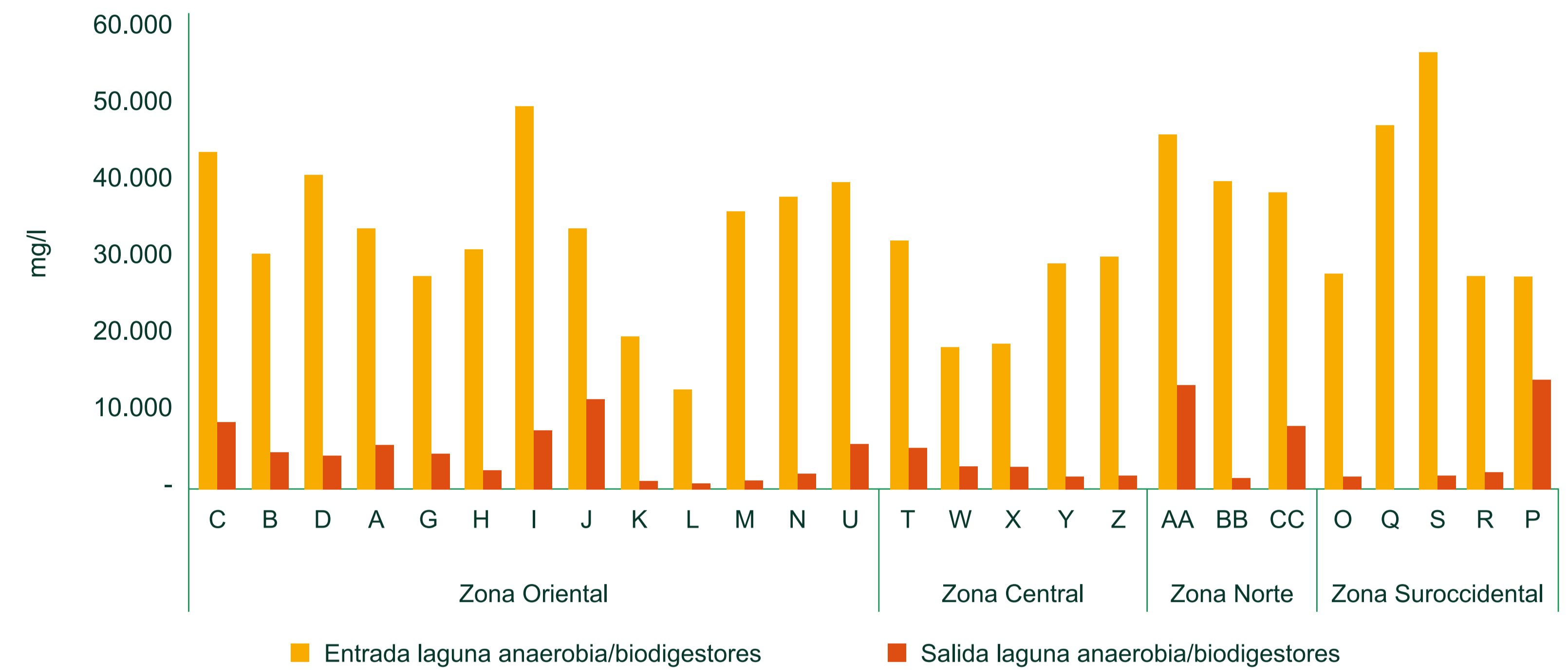


Figura 3. Concentración DBO₅, Entradas y Salidas de los Sistemas anaeróbicos.

En la Figura 3 se observa una reducción importante de la carga orgánica biodegradable. Estos resultados confirman la eficiencia de los sistemas anaeróbicos en la degradación de la materia orgánica, que además de mejorar la calidad del efluente, fortalece el potencial de bioconversión hacia biogás. La etapa metanogénica representa más del 98 % de la remoción total de la carga orgánica en el sistema de tratamiento de aguas residuales del sector palmero. La remoción posterior se lleva a cabo en las etapas subsecuentes.

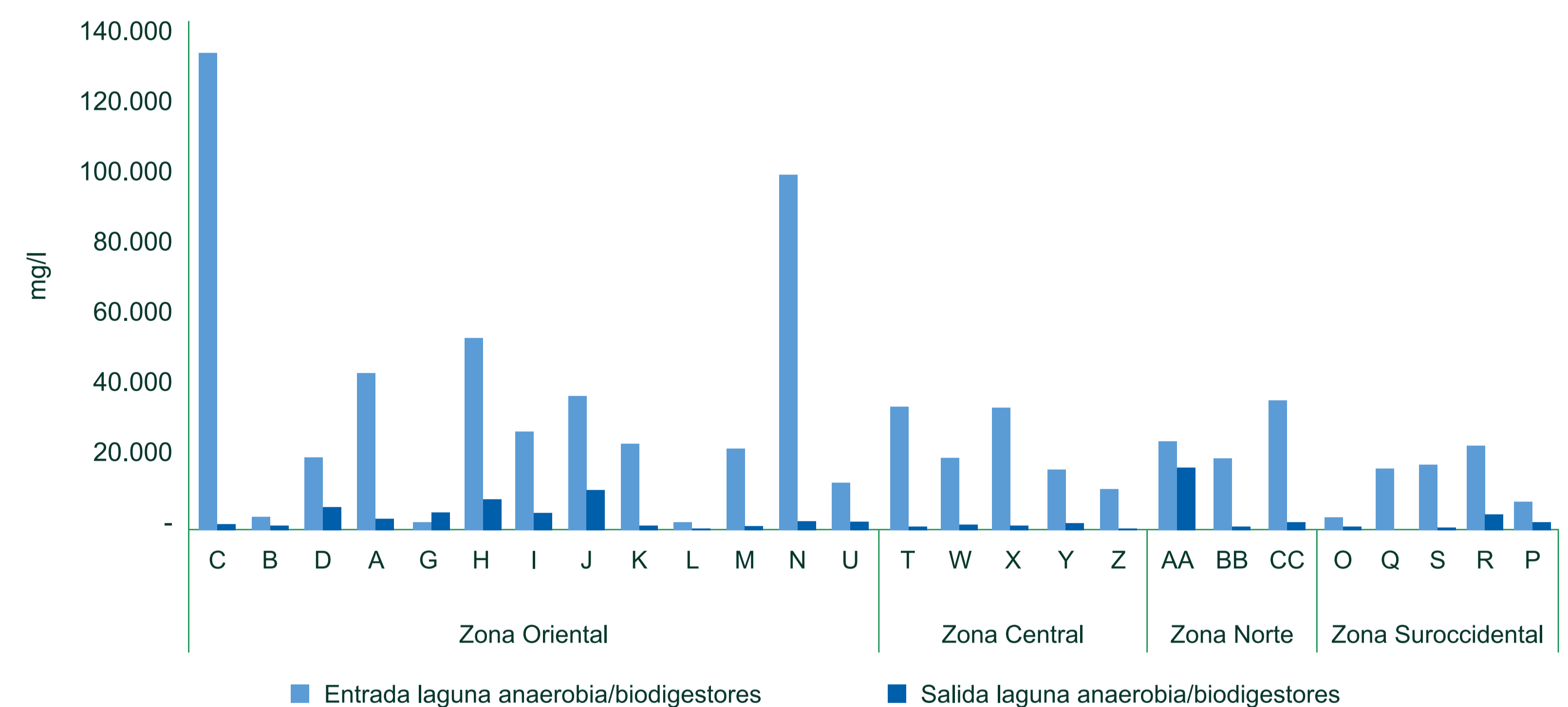


Figura 4. Concentración SST, entradas y salidas de los sistemas anaeróbicos.

En la Figura 4 se observa reducción progresiva de los sólidos a nivel general. Esto refleja que los sistemas anaeróbicos desarrollan procesos de retención y sedimentación de sólidos, lo que puede tener alguna incidencia en la actividad microbiológica.

Conclusiones

Estos resultados destacan la capacidad de las lagunas anaerobias y biodigestores para tratar altas cargas orgánicas y de sólidos, mejorar la calidad del efluente y favorecer la producción de biogás, la cual se complementa con las etapas posteriores (lagunas facultativas, pulimento).

La mayor eficiencia presentada en algunos de los sistemas sugiere profundizar en estudios enfocados en las comunidades microbianas con el fin de bioaumentarlas para mejorar el proceso de degradación de materia orgánica y generación de biogás.

Referencias bibliográficas

- APHA, AWWA, WEF. (2023). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 23rd Edition.
- J. A. García Núñez *et al.*, "Evaluation of alternatives for the evolution of palm oil mills into biorefineries," *Biomass and Bioenergy*, vol. 95, pp. 310–329, 2016, doi: 10.1016/j.biombioe.2016.05.020.
- N. E. Ramírez-Contreras, D. A. Munar-Florez, J. A. García-Núñez, M. Mosquera-Montoya, and A. P. C. Faaij, "The GHG emissions and economic performance of the Colombian palm oil sector; current status and long-term perspectives," *J. Clean. Prod.*, vol. 258, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120757.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo recibido por el Fondo de Fomento Palmero (FFP), administrado por Fedepalma, a la Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma, y a las plantas de beneficio que hicieron parte del estudio nacional por haber suministrado los recursos humanos necesarios para el desarrollo de esta investigación.